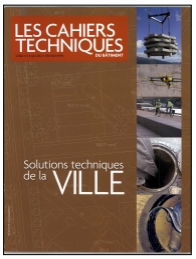
les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30



DOSSIER
TRAVAUX SANS TRANCHÉE
Un éventail de techniques pour la pose ou la réhabilitation sans gêne des réseaux enterrés

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

DOSSIER

TRAVAUX SANS TRANCHÉE

Un éventail de techniques pour la pose ou la réhabilitation sans gêne des réseaux enterrés

Patrice Dupont est président de la FSTT, ou France sans tranchée technologies (anciennement Comité français pour les travaux sans tranchée), installée à Fontenay-sous-Bois (94).

La FSTT, ou France sans tranchée technologies (anciennement Comité français pour les travaux sans tranchée), installée à Fontenay-sous-Bois (94) est une association de professionnels – maîtres d'œuvre, d'ouvrage, entrepreneurs, fournisseurs de matériels ou de matériaux, collectivités locales, universitaires – créée en 1990, à caractère scientifique et technique. C'est un lieu pour partager les expériences, mais aussi pour étudier et chercher, informer et apprendre. La FSTT est aujourd'hui présente sur l'ensemble de l'Hexagone grâce à ses délégués régionaux. Elle est membre de l'ISTT, ou International Society for Trenchless Technology, qui réunit les associations analogues dans plus de 20 pays de tous les continents.

Quand sont apparues les techniques de travaux sans tranchée ?

Pa.D.: Dans l'Hexagone, les premiers chantiers de travaux sans tranchée sont apparus autour des années 1985, avec l'avènement de la technologie des microtunneliers. Mais les premières applications ont été très confidentielles, le département du Val-de-Marne étant, en l'occurrence, un des pionniers en la matière. La France détient un savoir-faire historique et reconnu en matière de travaux souterrains avec, notamment, les expériences du métro parisien, des grands ouvrages hydrauliques ou des tunnels autoroutiers sous les Alpes. Mais il s'agit, avec les microtunneliers, d'ouvrages différents dont le diamètre est inférieur à 1,20 m. Une section limite en dessous de laquelle il est très compliqué d'évoluer et de faire intervenir des hommes et des machines. Dans la pratique, une tête orientable, opérant à partir d'un puits vertical préalablement exécuté, permet le creusement, le concassage et l'évacuation des matériaux. La machine non-habitée étant entièrement pilotée, avec une précision presque millimétrique – caractéristique qui rend la technologie particulièrement adaptée aux réseaux gravitaires – depuis la surface. La machine progresse dans le terrain par l'action conjuguée du creusement et du poussage des tubes de revêtements divers : PRV, grès, béton ou acier. Cette solution est compatible avec tous les types de canalisations et avec la plupart des horizons géologiques, y compris avec la présence de nappes phréatiques, l'utilisation de boucliers à front fermé permettant une mise en pression contrôlée de la chambre d'abattage. Des interventions qui ne nécessitent aucuns travaux susceptibles d'induire des tassements en surface.

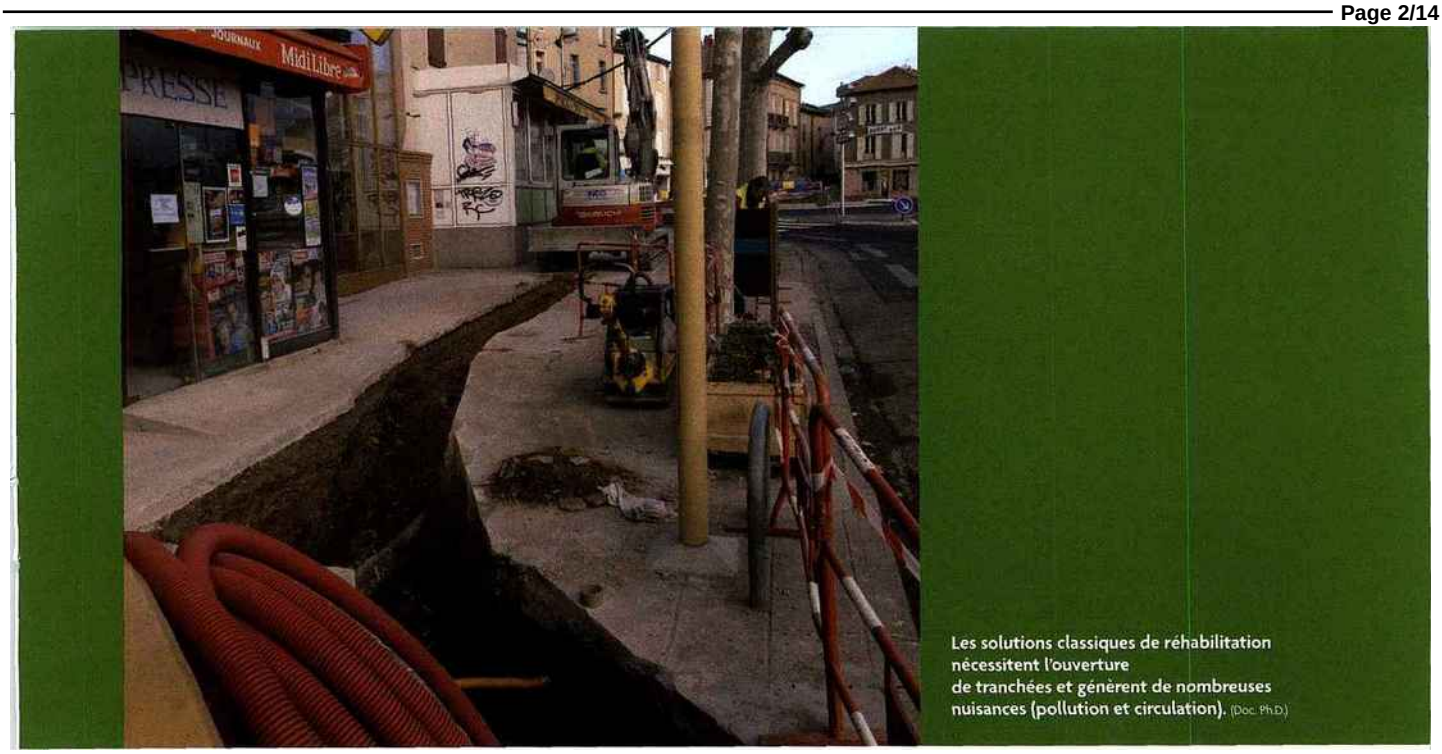
Quels sont les domaines d'application de ces solutions ?

Pa.D.: Les techniques sans tranchée permettent la mise en œuvre ou la réhabilitation de tous les types de réseaux enterrés classiques – électricité, gaz, assainissement ou adduction d'eau potable et pose de fibres optiques. Ce sont plus d'une vingtaine de techniques différentes que l'on peut classer en deux catégories de travaux distincts : la pose ou la réhabilitation. Dans la première on peut mentionner, en allant par ordre de sophistication décroissante, le forage par microtunnelier, précédemment évoqué, le forage horizontal dirigé, le fonçage de tube ouvert et ses différentes variantes, le forage à la tarière et les fusées pneumatiques. Concernant les opérations de réhabilitation, on distingue deux sous-catégories : conservation de la conduite existante, avec introduction de la nouvelle dans l'ancienne, ou remplacement pur et simple. Dans ce dernier cas, on utilise un éclateur, tiré ou poussé monté en tête de la nouvelle conduite, celui-ci pouvant être éventuellement précédé d'un outil de coupe, adapté au matériau de l'existant. Le dispositif provoque l'éclatement, puis le refoulement latéral de l'ancienne canalisation à laquelle vient progressivement se substituer la nouvelle de diamètre supérieur. Dans les techniques par tubage, il y a réduction plus ou moins importante du diamètre existant ou sa quasi-conservation, en fonction des solutions mises en œuvre : pose de tuyau continu ou d'éléments courts avec maintien d'un espace annulaire ; injection d'un coulis de ciment structurant dans

les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37



Les solutions classiques de réhabilitation nécessitent l'ouverture de tranchées et génèrent de nombreuses nuisances (pollution et circulation). (Doc. Ph.D.)

l'espace annulaire d'un coffrage plastique interne, ou chemisage par projection, par enroulement hélicoïdal d'une bande profilée ou via un voile souple, imprégné d'une résine thermodurcissable.

Vingt ans après les premières applications, quel bilan dressez-vous ?

Pa.D.: Il a fallu convaincre les différents acteurs et vaincre les conservatismes ambiants. Soulignons le rôle moteur joué par certains maîtres d'ouvrage courageux qui n'ont pas hésité, à l'époque, à prendre des risques en balayant certaines frilosités face à l'innovation technologique et la force des habitudes. Même s'il est difficile d'avancer un pourcentage exact, on peut estimer que vingt ans après, 20 % des travaux réalisés sont effectués par le biais de solutions sans tranchée. Aujourd'hui, ces techniques sont parfaitement connues par l'ensemble des acteurs, donneurs d'ordre, entreprises et bureaux d'études. La FSTT ayant beaucoup œuvré afin de les promouvoir à travers les congrès, colloques, actions de formation et de communication, dont le salon « Ville sans tranchées » qui se déroule tous les deux ans.

La diminution des nuisances constitue-t-elle la raison principale de ce succès ?

Pa.D.: Pas seulement. Il est indiscutable que la réduction de toutes les nuisances engendrées par un chantier en tranchée classique – pollution des matériels et des engins, que ce soit en termes de bruit, d'échappement ou d'émission de poussières, difficultés de circulation pour les riverains, perte de visibilité pour les commerçants, embouteillages – a été et reste un des avantages majeurs de ces techniques. Cependant, il ne faut pas oublier l'aspect sécurité, la diminution des hommes et des machines présents sur le site, limitant d'autant les risques d'accidents. Mais toutes les considérations tournant autour de la notion de préservation des ressources contribuent aussi fortement, aujourd'hui, au développement de ces techniques qui permettent d'extraire uniquement le volume nécessaire, afin de poser ou réhabiliter la conduite.
Plus l'ouvrage est profond, plus l'impact du chantier est réduit, contrairement à une solution classique impliquant des volumes de terrassements croissants avec la profondeur du projet. Les avantages écologiques sont donc nombreux. On réduit tout d'abord les mouvements de camions nécessaires à l'évacuation des déblais, et donc par conséquent la production de gaz à effet de serre, ceux-ci devant fréquemment être mis en décharge, afin d'être dépollués, mais aussi la consommation en matériaux nobles employés pour remblayer la fouille. La prise en compte de tous ces paramètres environnementaux conduit à une baisse globale des coûts.

Ces techniques désormais bien rodées progressent-elles?

Pa.D.: Elles évoluent constamment. Les techniques de lubrification, qui permettent une meilleure pénétration des engins de forage dans le terrain ont, par exemple, énormément évolué ces dernières années. De nombreux progrès ont également été réalisés en termes de fiabilité et de conduite des machines, mais aussi sur les techniques de repérage d'obstacles potentiels ou de réseaux existants.

La nouvelle réglementation DT/DICT ne constituera-t-elle pas un frein à la poursuite du développement des techniques sans tranchée ?

Pa.D.: Bien au contraire. Rappelons que la nouvelle réglementation, qui sera effective en juillet prochain, obligera la maîtrise d'ouvrage à connaître la cartographie précise des réseaux existants avant l'appel d'offres, et à communiquer en parallèle ces informations aux entreprises dans le cadre de la procédure. Celles qui répondront donc avec une technique sans tranchée vont ainsi pouvoir, dans le cadre d'un chantier de pose tout au moins, proposer la solution techniquement la mieux adaptée au terrain et, bien entendu, ajuster leur prix au plus près. L'entreprise qui répond aujourd'hui en technique sans tranchée est en effet pénalisée, la méconnaissance du sous-sol et de son environnement la conduisant à prendre des risques financiers pour assumer cette part d'inconnu si elle veut rester concurrente en regard de solutions traditionnelles.
Une meilleure information sur l'état du sous-sol permettra donc de faire, au final, de meilleurs choix techniques à des prix plus proches de la réalité.

Propos recueillis par Philippe Donnaes

Les cahiers TECHNIQUES du Bâtiment
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

EAUX RÉSIDUAIRES

Réhabilitation d'un collecteur par tubage

L'étanchéité de cet ouvrage de 1,80 m de diamètre a été rétablie, en le maintenant en service, grâce à la pose de coques PRV de 2,40 m de longueur.

A Les coques de 400 kg ont été introduites par l'intermédiaire de trois puits d'accès de 5 x 2 m terrassés en traditionnel (Doc Sade)

Le collecteur unitaire (eaux usées et pluviales) T180 est un ovoïde de 1,80 m de hauteur, situé sur les bords de la Saône, en amont de la station d'épuration de Neuville-sur-Saône (Rhône). Le tronçon situé entre l'avenue Carnot et la route de Lyon était sujet à des venues d'Eaux claires parasites permanentes (ECPP) importantes.

«Cette problématique résultait de l'environnement hydrologique et d'une mauvaise étanchéité du collecteur, au demeurant structurellement sain», souligne Frédéric Cazorla, chargé d'opérations pour la Communauté urbaine de Lyon (69). La présence de la nappe phréatique au niveau de l'ouvrage induisant, par surpression, des infiltrations d'eau en grande quantité.

Ce phénomène avait un impact très négatif sur le rendement de la station d'épuration de Neuville-sur-Saône. «Celle-ci a été remplacée, début 2012, par une nouvelle installation, dont la mise en service devait impérativement s'accompagner d'une réduction de ces eaux claires parasites, avec un seuil minimum de 20%», poursuit Frédéric Cazorla. Et ce, afin de répondre à la Directive européenne du 21 mai 1991 ERU qui impose aux États membres de s'assurer que les agglomérations sont équipées en système de collecte des eaux résiduaires urbaines.

Trois puits d'intervention pour 510 m de tubage

Ces eaux doivent bénéficier d'un traitement approprié avant leur rejet dans le milieu naturel, en l'occurrence la Saône. D'où la décision de rétablir l'étanchéité du collecteur, enfoui à environ 3,50 m de profondeur, par tubage au moyen de coques PRV (Polyéthylène renforcé verre), l'ensemble des travaux se déroulant sur une période de huit mois, entre janvier et septembre 2011, moyennant un coût de 1 115 000 euros (HT) y compris la construction de deux dessableurs.

Dans la pratique, seuls 510 m de l'ouvrage ont été tubés au moyen de cette technique, les fissures ayant été colmatées sur 270 m par injection de résine. «Sur cette partie du tronçon, l'ouvrage est en effet moins profond, et donc beaucoup moins impacté par la nappe phréatique», précise Frédéric Cazorla.

Les travaux ont débuté par le terrassement, en traditionnel, de trois puits d'accès d'environ 5 x 2 m de section, à partir desquels ont été introduites les coques Hobas de 2,40 m de longueur (1,65 m de hauteur et 0,85 m de

les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

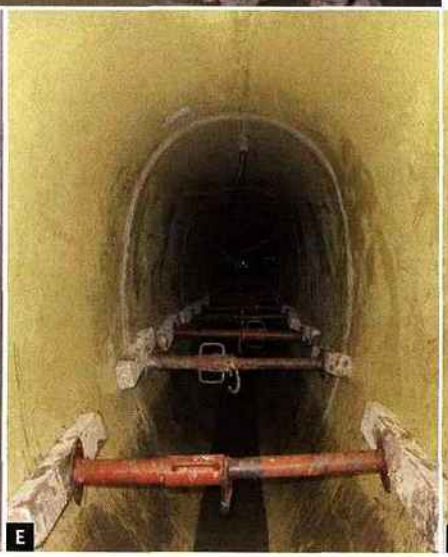
largeur), la partie supérieure du collecteur, à l'aplomb des puits, ayant été préalablement découpée. Une fois positionné à son emplacement definitif, à l'aide d'un petit chariot sur rails, chacun de ces éléments de 400 kg était liaisonné à son voisin par l'intermédiaire d'un joint plastique, le vide annulaire subsistant entre l'ancien collecteur et le nouveau étant, quant à lui, comblé par l'injection d'un coulis de mortier.

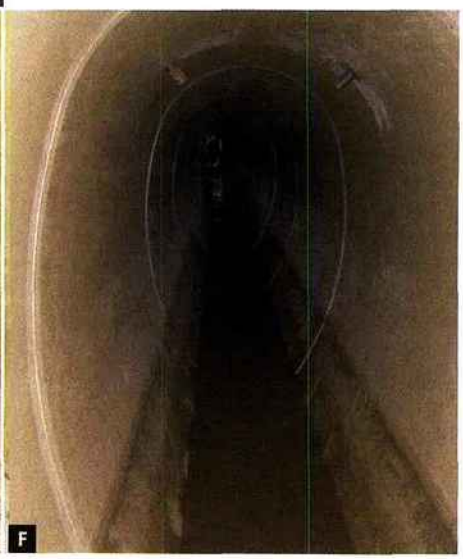
Précision importante. l'ouvrage a été maintenu en service durant tout le déroulement du chantier. Pour ce faire, «L'entreprise a réalisé des systèmes de by-pass successifs de 150 m de longueur» – voire 250 mètres – «moyennant la mise en œuvre de batardeaux et de pompes, les équipes pouvant ainsi intervenir au sec sur les sections correspondantes», conclut Frédéric Cazorla ☐ **Ph.D.**

B **Dans chaque puits,** la partie supérieure du collecteur est découpée, afin de permettre l'introduction des coques.

C **Un dispositif de batardeaux et de pompe** a permis de maintenir l'ouvrage en service pendant toute la durée des travaux. (Docs. Sade.)

MAÎTRISE D'OUVRAGE Communauté urbaine de Lyon (69)
MAÎTRISE D'ŒUVRE Groupement d'ingénierie Structures & Réhabilitation (75)/Concrete
COORDONNATEUR SPS Lyonnaise de coordination sécurité (69)
BUREAU DE CONTRÔLE Concrete (69)
ENTREPRISES Groupement Nouvetra (69)/ Stracchi (69)





D **E** et **F** **Chacun des éléments de 2,40 m de longueur** est liaisonné à son voisin par l'intermédiaire d'un joint plastique, mis en pression. La mise en œuvre d'un coulis de mortier permet de combler le vide annulaire. (Doc. Ree.)

les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

EAUX PLUVIALES

2 Doublement de collecteur à Rueil-Malmaison

Le nouvel ouvrage de 780 mètres de longueur, qui permettra de soulager le réseau existant, a été réalisé en trois tirs à l'aide d'un microtunnelier.

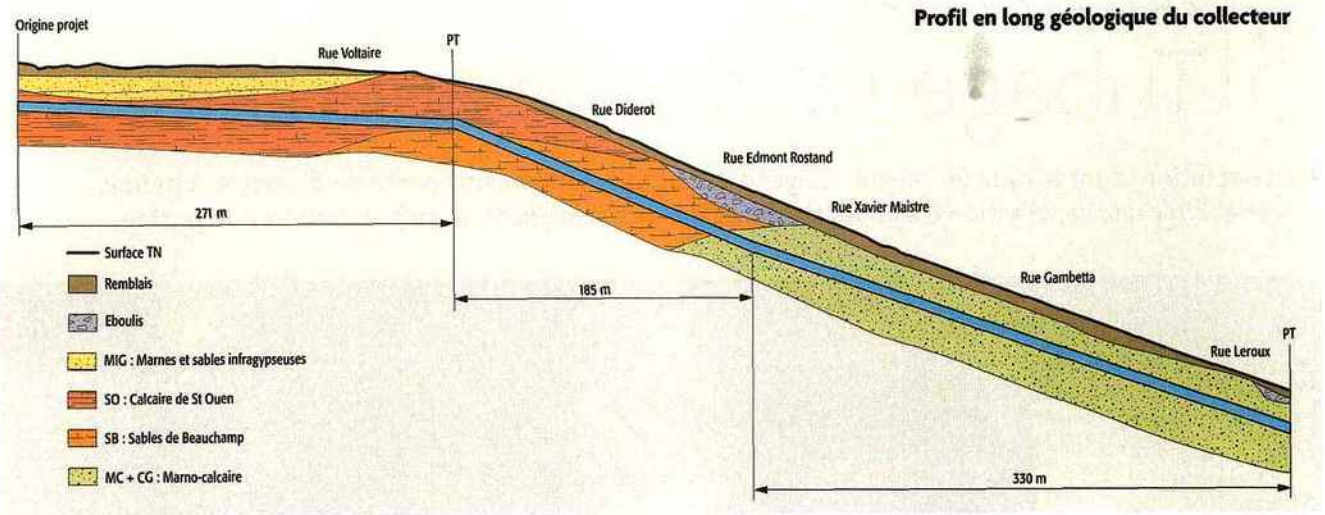
Afin de lutter contre les problèmes d'inondations recurrentes qui surviennent en cas de fortes plues, le Conseil genéral des Hauts-de-Seine (CG92) a décidé de procéder au doublement du collecteur départemental actuel (diamètre 500 mm) de la rue Danton «Le nouvel ouvrage, de 1400 mm de diamètre intérieur, permettra ainsi d'évacuer lesexcédentspluvieuxenrécuperantlesdéversements localisés en aval d'embranchements de rues transversales», explique Pascal Rault, directeur adjoint de l'entreprise Sade. À l'aval, il évacuera les effluents collectés vers un collecteur existant (diamètre 2000 mm), tout en maintenant la possibilité d'évacuer (en mode dégradé) vers l'aval de l'ouvrage existant rue Danton.
Eu égard à la nature du site, fortement urbanisé avec la présence de nombreux immeubles resıdentiels, l'appel d'offres préconisait l'utilisation d'un microtunnelier.

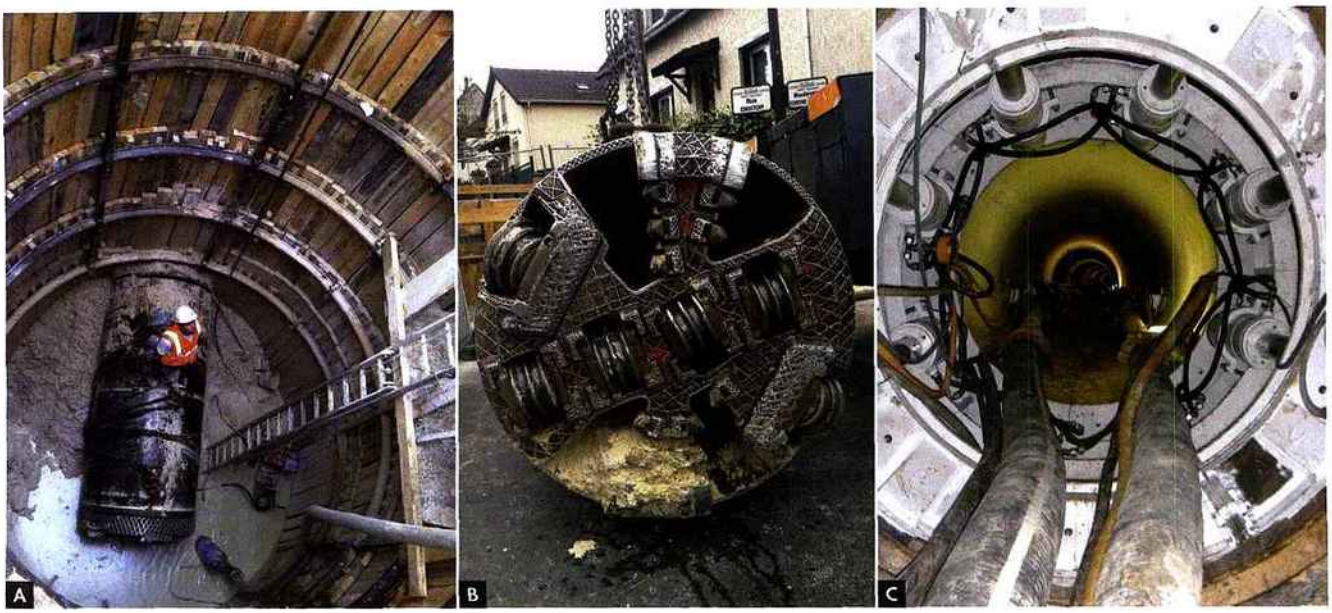
Réduction du nombre de tirs

Une solution classique en tranchée était en effet difficilement envisageable en raison des délais plus importants qu'elle aurait engendrés, des contraintes de déviation de réseaux et des problemes de gêne occasionnée aux riverains.
La solution de base prévoyait de réaliser le projet en quatre tirs, le service Travaux de l'entreprise Sade étant retenu sur la base d'une variante proposant de forer les 780 m en seulement trois tirs de, respectivement, 270, 190 et 320 m Cette variante, qui permettait donc de supprimer un puits intermédiaire par rapport à la base marché, limitait d'autant l'impact des travaux sur l'environnement immédiat. «Elle engendrait

La variante a permis de réaliser les 780 metres de travaux en trois tirs au lieu des quatre de la solution de base (Doc Sade)

MAÎTRISE D'OUVRAGE Conseil général des Hauts-de-Seine (92)
MAÎTRISE D'ŒUVRE Conseil général des Hauts-de-Seine, direction de l'Eau (92)
BUREAU DE CONTRÔLE Sogreah (77)
ENTREPRISES Groupement Sade (mandataire) (77) • Valentin (94)
DURÉE DES TRAVAUX Mai 2011 à juillet 2012
MONTANT DES TRAVAUX 4100000 euros (HT)





également des économies et raccourcissait le délai d'exécution d'environ un mois», ajoute Pascal Rault. Pour ce faire, les deux derniers tirs rectilignes prevus ont donc été remplacés par un tir courbe unique particulièrement long, de 320 m, caractérisé par un rayon de courbure de 780 m. Autre point remarquable: une pente de 7% «qui nous a conduits à aménager le système de guidage de la machine», poursuit Pascal Rault, le collecteur étant par ailleurs situé à une profondeur oscillant entre 5 et 7 m.

Les travaux ont été réalisés par un microtunnelier AVN 120°TB, équipé d'une roue de coupe-terrain mixte, le traitement des déblais s'effectuant dans un dessableur/dessilteur de 250 m³/h et d'une station de floculation associée à une centrifugeuse.

Les puits de 17 m de profondeur (diamètre 5,50 m) ont, quant à eux, été réalisés en traditionnel – terrassements à la pelle, boisage et profilés métalliques de soutènement – en raison du contexte géotechnique, hors nappe, présentant toutes les strates de la géologie parisienne (calcaire de Saint-Ouen, sables de Beauchamp, marno-calcaire)

Côté canalisation, l'ouvrage est constitué de tuyaux PRV (Polyester renforcé fibre de verre) de la société Hobas, les éléments étant capables de reprendre des efforts de poussée jusqu'à 600 t, y compris en courbe, l'étanchéité étant, quant à elle, réalisée par manchette Inox équipée d'un joint EPDM.

«Ces tuyaux sont, par ailleurs, capables de résister aux agressions chimiques générées par les effluents, un critère qui nous était bien entendu imposé par le cahier des charges en raison de la nature de l'ouvrage», conclut Pascal Rault. ☐ **Ph.D.**

A **Les trois puits de 17 m de profondeur** ont été réalisés de manière traditionnelle.

B **Le creusement a été effectué** à l'aide d'un microtunnelier équipé d'une roue de coupe pour terrain mixte.

C **L'ouvrage est constitué** de tuyaux PRV capables de reprendre des efforts de poussée atteignant 600 tonnes. (Docs. Sade)

les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

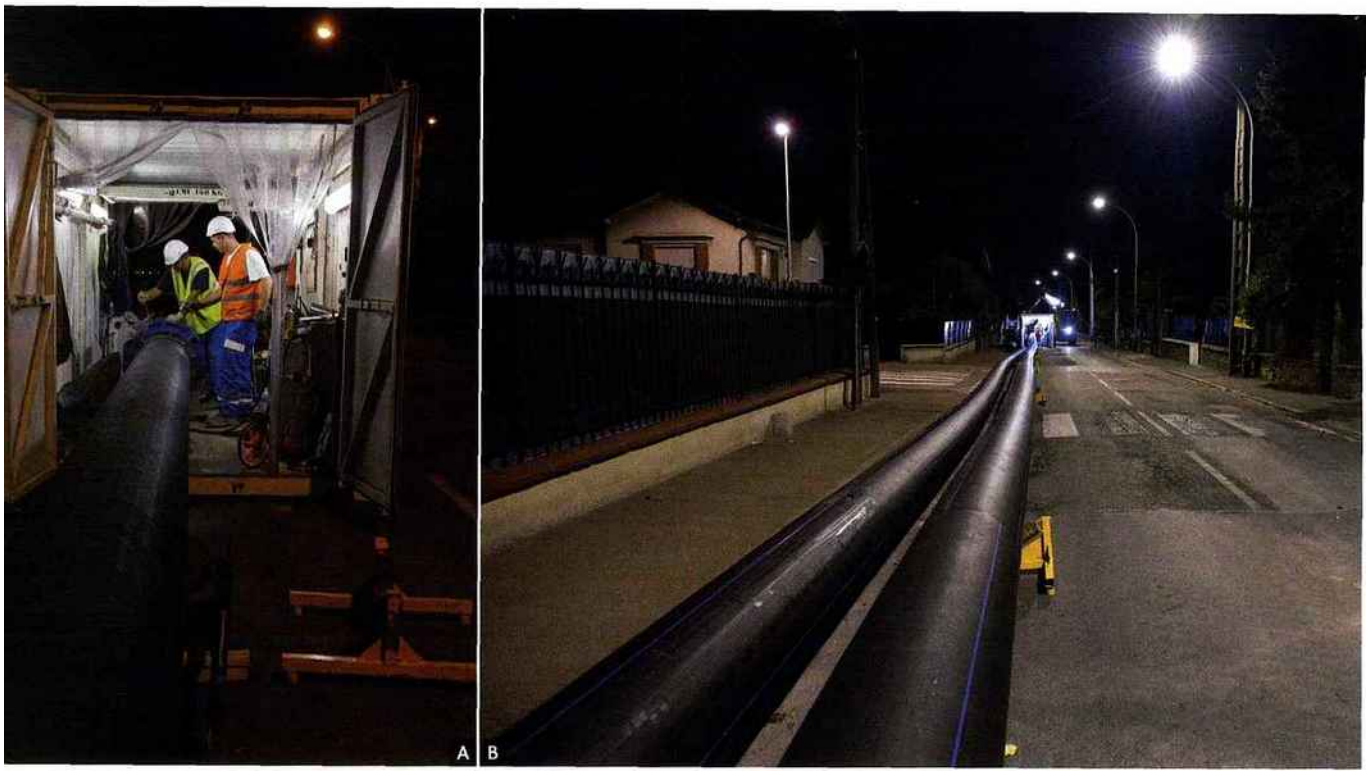
JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

EAU POTABLE

3 Tubage sans vide annulaire

Cette solution, dont la mise en œuvre n'engendre pratiquement aucune perte de diamètre, a permis de réhabiliter une canalisation d'eau potable avec des tirs atteignant jusqu'à 300 mètres de portée.



La conduite de liaison «Épinay –Saint-Prix» est un ouvrage d'adduction d'eau de 2,3 km (DN 500 mm), posé en 1936, dont la fonction de transfert a été reportée principalement, depuis 1960, sur un feeder de 1 250 mm de diamètre.
Le tronçon de 1 230 m, situé sur la commune d'Eaubonne (Val-d'Oise) permet néanmoins, en cas de problème sur le feeder principal, d'assurer une fonction de secours partiel.
Cet ouvrage représente donc, pour le Sedif (Syndicat des eaux d'Ile-de-France), un élément majeur pour la sécurisation des transports d'eau potable.
D'où la décision de réhabiliter cet élément vétuste, sujet à de nombreuses fuites, «l'étude hydraulique ayant, par ailleurs, montré que le diamètre de la conduite ne pouvait être réduit», souligne Pierre Chopard, directeur des travaux au Sedif.
La canalisation étant située sous une route départementale à fort trafic, et en milieu de chaussée, cette configuration excluait également toute ouverture de tranchée sur l'ensemble du linéaire.

Terrassements de fouilles ponctuelles

Une solution sans vide annulaire (le «Swagelining») qui ne réclame qu'une ouverture limitée de fouilles et, contrairement à d'autres techniques de tubage classique, minimise la diminution de diamètre, a donc été choisie.
Ce procédé, qui implique donc la mise au repos complète de l'ouvrage n'est bien entendu applicable que dans les zones suffisamment maillées permettant d'assurer la continuité d'approvisionnement. L'ensemble des travaux ayant, en l'occurrence, duré cinq mois (le projet intégrait également une pose en tranchée ouverte de tuyaux de fonte sur 135 mètres).
Autre contrainte: la nécessité de disposer de suffisamment d'espace. La longueur

A et B La technique nécessite d'adapter la longueur de conduite à celle du tir effectué, d'où la nécessité de pouvoir disposer de l'espace afférent.

C D et E La nouvelle canalisation est équipée, en tête, d'un dispositif conique qui permet de réduire son diamètre de 7 à 15 %, moyennant le passage dans un dispositif chauffant.

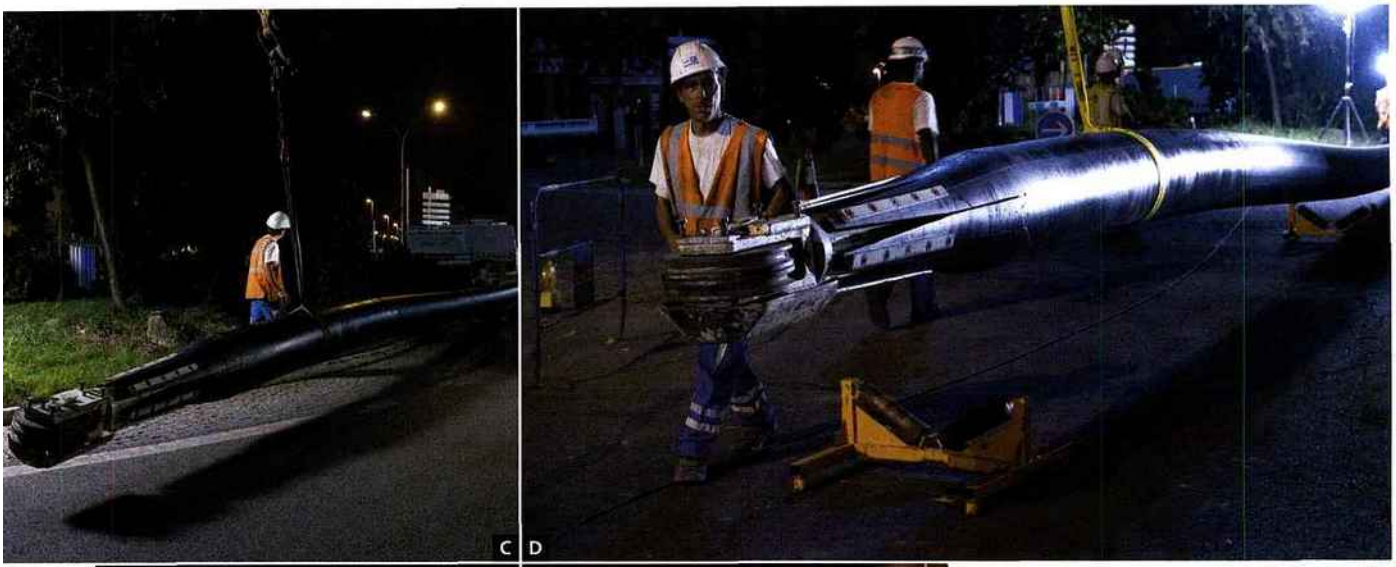
F La nouvelle conduite est insérée. (Docs. Sade.)

MAÎTRISE D'OUVRAGE Sedif (75)
MAÎTRISE D'ŒUVRE Sogreah (69)
BUREAU DE CONTRÔLE Sater (21)
COORDONNATEUR SPS Presents (77)
ENTREPRISES Groupement Sade CGTH (75)

les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37



totale de tuyaux correspondant à chaque tir est en effet assemblée à l'extérieur, dans le prolongement du puits d'introduction. L'entreprise a procédé à cinq tirs, dont le plus long atteignait 300 mètres de portée. «C'est surtout la topographie du réseau qui dicte la quantité et la longueur des tirs, souligne Pierre Chopard. La présence de coudes constitue autant d'obstacles qui en démultiplient le nombre.» Ce procédé non-destructif, consiste à fabriquer sur mesure une conduite en PEHD (fournisseur RYB) d'un diamètre supérieur (de 1 à 2%) à celui de la canalisation défectueuse. La section de cette structure est ensuite réduite (de 7 à 15% en diamètre), préalablement à l'enfilage, par l'intermédiaire d'un cône métallique chauffé à une température d'environ 80°C (l'opération s'effectue à froid pour les diamètres inférieurs à 250 mm). La conduite déformée peut alors être introduite dans l'ouvrage à réhabiliter, par l'intermédiaire de la fouille d'accès préalablement terrassée, le tube en PEHD étant ensuite tiré, à effort de traction constant, au moyen d'un treuil électrique jusqu'au puits d'extrémité du tir. «Nous avons ainsi mis en place six fouilles pour ce projet, précise Pierre Chopard. La vitesse d'avancement des trains de tube étant ici de 2 m/minute.» Le tronçon introduit reprend ensuite son diamètre initial, en moins de vingt-quatre heures, grâce à la mémoire de forme du matériau employé. Le revêtement vient donc se plaquer à l'intérieur de la conduite existante et ne provoque, au final, qu'une perte de section équivalente à l'épaisseur du tube. Ce procédé, qui permet d'améliorer les performances hydrauliques du réseau réhabilité, est compatible avec des ouvrages de 80 à 800 mm de diamètre, même de section ovalisée. □ **Ph.D.**

Le procédé Swagelingin de Sade est une solution de réhabilitation sans vide annulaire. La perte de diamètre correspondant donc à l'épaisseur de la nouvelle canalisation. (Doc. Sade.)

les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

4 | EAUX PLUVIALES

Réhabilitation d'un collecteur par chemisage

La mise en œuvre d'un complexe en fibre de verre a permis de restructurer sur 210 mètres, en seulement quatre jours, une conduite existante de 800 mm destinée à l'évacuation des eaux pluviales.

« Nous sommes sur une problématique assez classique et récurrente, pour ce type d'ouvrage, explique Christian Legaz, gérant du bureau d'études AVR Ingénierie. À savoir l'intrusion de racines d'arbres, situés en voirie, au niveau des joints de raccordement des tuyaux constitutifs du réseau d'évacuation des eaux pluviales. » Conséquence : des problèmes d'exploitation, les racines provoquant l'obturation partielle de la canalisation, et des risques d'inondation dans les caves mitoyennes.

Discrétion et temps d'intervention réduit

À partir des inspections menées au moyen d'une caméra robotisée, durant le mois de juillet 2011, par la société Environnement TPL, le SIABS (Syndicat intercommunal d'assainissement des Boucles de la Seine) a procédé à une première intervention visant à rétablir une exploitation normale du réseau d'assainissement. Et ce, en raison du nombre et de la masse importante de racines présentes – la canalisation était obstruée jusqu'à 30 % dans certaines zones. L'ouvrage de 650 mètres de longueur totale, implanté sous les rues de la Liberté et Max-Gauffreteau au Pecq (78), a donc reçu, dans un premier temps, la visite d'un robot découpeur qui a permis de fraiser l'ensemble des éléments pénétrants, l'opération étant effectuée sous contrôle vidéo. Faisant suite au diagnostic et à la définition des différents scénarios proposés par le BET, une première tranche de travaux visant à réhabiliter 210 mètres de canalisations a été réalisée au moyen d'une solution mettant en œuvre un chemisage tissé placé par tractage. « Toute technique traditionnelle était évidemment exclue, souligne Christian

La réhabilitation a été réalisée en quatre jours, à raison de deux tirs de 120 et 90 mètres.

A **Un chariot équipé de lampes ultraviolettes,** tracté dans la canalisation à vitesse contrôlée, assure la polymérisation de la gaine.

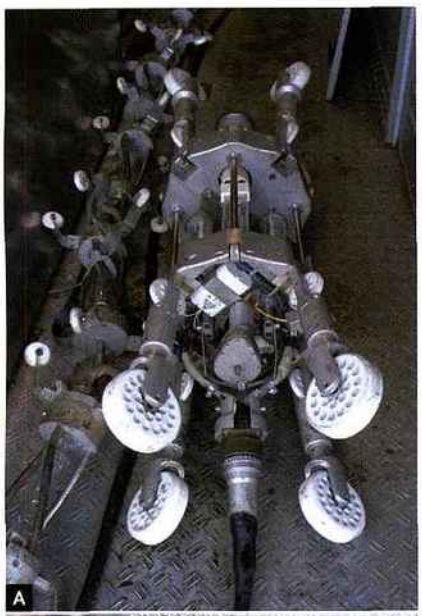
B **La gaine est introduite dans la canalisation** par un regard de visite, puis mis en place au moyen d'un treuil.

C **La gaine est plaquée** à la conduite en insufflant de l'air comprimé. (Docs. AVR Ingénierie.)

les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

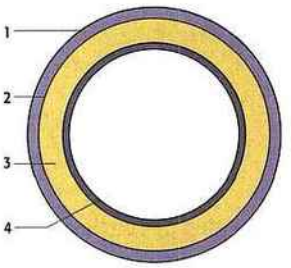

A

B

C

Anatomie de la gaine

La gaine est constituée d'enroulements complexes, en fibre de verre imprégnés de résine, autour desquels sont incorporés trois films lors de sa fabrication : un film intérieur tubulaire (retiré après polymérisation) de 200 µm d'épaisseur, qui permet le gonflage de la gaine sous l'effet de la pression, et un film extérieur de 250 µm d'épaisseur sur lequel est enroulé un film de protection opaque aux ultraviolets. Le film extérieur garantit la protection à l'humidité et assure une certaine rigidité au complexe fibre/résine, mais il permet également la mise en place maîtrisée de la résine dans la matrice et le tractage de la gaine via l'ajout de bandes renforcées. Dans la pratique, le procédé de rénovation du fabricant Brandenburger peut s'appliquer à des canalisations circulaires de tous types – béton, grès, fibrociment, acier, PVC – dont le diamètre intérieur varie de 150 à 1200 mm.



STRUCTURE DE LA GAINE

1. Film extérieur opaque à la lumière (imperméable au styrène)
2. Film extérieur enroulé
3. Enroulement de complexes en fibre de verre, imprégnés de résine
4. Film intérieur imperméable au styrène (retiré après durcissement)

Legaz. L'ouvrage de 800 mm de diamètre étant situé entre 3,00 et 4,70 m de profondeur sous la chaussée.» Une des contraintes était, bien entendu, de limiter au maximum les gênes pour les riverains (maintien d'accès aux propriétés) et au niveau de la circulation. L'objectif principal des travaux était donc de rétablir l'étanchéité de l'ouvrage existant, au droit des zones ayant subi l'intrusion de racines, mais également de lui redonner de bonnes caractéristiques mécaniques, tout en améliorant ses performances hydrauliques. «Il s'agit d'une technique assez peu employée sur une canalisation d'un tel diamètre, précise Christian Legaz. L'intervention ayant été menée avec succès en seulement quatre jours, à raison de deux tirs de 120 et 90 mètres, alors qu'il aurait sans doute fallu plus de quatre semaines pour remplacer en tranchée le collecteur.»

Polymérisation par ultraviolet

Dans la pratique, l'entreprise a eu recours au procédé de chemisage continu du fabricant germanique Brandenburger, en l'occurrence une gaine de faible épaisseur (7 mm), constituée principalement d'un complexe verre/résine, permettant, tout à la fois, de garantir un module de flexion important (7500 MPa) à court terme (nécessaire vis-à-vis de l'intrusion des racines) et d'optimiser les conditions hydrauliques après chemisage (notamment par rapport aux autres techniques telles que celles à base de feutre).
La gaine est introduite – le tronçon a, auparavant, été soigneusement nettoyé par eau sous pression avec une cureuse –via un tapis roulant, dans la canalisation par un regard de visite, puis mise en place par traction à l'aide d'un treuil, installé sur le point de sortie, et enfin, plaquée sur l'ouvrage en insufflant de l'air comprimé dans le film (voir encadré) prévu à cet effet.
Une fois en place, la pression d'air est coupée, un sas est ouvert afin de permettre l'introduction dans la gaine d'un chariot équipé de lampes ultraviolettes. Le sas est alors refermé, la pression rétablie et le chariot tracté – via un filin équipant d'origine les gaines ou placé par l'applicateur lui-même – à l'autre extrémité de la canalisation. Un système de caméra vidéo, monté sur l'engin, permet de vérifier la bonne application de la gaine avant de démarrer la polymérisation. Les lampes sont alors allumées. Le chariot retourne à son point d'introduction à une vitesse contrôlée en fonction de la puissance des lampes, de leur nombre et des dimensions de la conduite. Après durcissement, la gaine est découpée aux extrémités et au niveau des regards de visite intermédiaires, le film intérieur étant, quant à lui, retiré par réversion. L'étanchéité au droit des raccordements et des regards est assurée par l'ancrage de la résine dans les aspérités de la conduite, mais également par le placage parfait de l'enveloppe et par la mise en place de résine à la jonction des interfaces branchements/collecteur et collecteurs/parois des regards de visite.
Une inspection télévisée par caméra automotrice est effectuée après gainage, l'ensemble des paramètres étant enregistré et restitué au maître d'ouvrage. □ **Ph.D.**

MAÎTRISE D'OUVRAGE Syndicat intercommunal d'assainissement des Boucles de la Seine (78)
MAÎTRISE D'ŒUVRE AVR Ingénierie (94)
ENTREPRISE Environnement TPL (95)

les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

5 | RÉSEAUX

Substitution d'une conduite de gaz par cisaillement

Ce nouveau procédé, développé pour les matériaux non-friables, a permis de remplacer une canalisation gaz vétuste, en plein cœur de Genève, la nouvelle conduite étant tractée par un système de tiges insérées dans la structure existante.

Les techniques de remplacement de canalisations par éclatement ou «cracking», apparues au milieu des années 1990, permettent le renouvellement de conduites existantes par de nouvelles, généralement en polyéthylène, de diamètre équivalent ou supérieur, «un doublementde la section pouvant être envisagé souscertaines conditions», précise Jean-Michel Balmat de la société helvétique Piasio.

Dans la pratique, la machine de traction hydraulique est installée dans une fouille, préalablement terrassée, à partir de laquelle un train de tiges est inséré dans la canalisation existante jusqu'à atteindre une seconde fosse, à partir de laquelle est introduite la nouvelle conduite.

Celle-ci est alors accrochée à un outil d'éclatement en forme d'obus, dont l'intérieur est équipé d'une tête de tirage, fixé au train de tiges, qui est ensuite tracté depuis l'autre extrémité. La canalisation en place éclate alors sous les efforts de pression générés par l'éclateur, tandis que les débris, comprimés dans le sol, créent une sorte de tunnel dans lequel la nouvelle conduite est tirée avant que le terrain ne se referme. En cas d'emprise limitée ou de problèmes d'encombrement liés à la circulation urbaine, les éléments de la nouvelle canalisation peuvent, bien entendu, être assemblés au fur et à mesure de la progression.

Maîtrise du voisinage sous-terrain

Premier impératif: procéder à une étude de faisabilité systématique. «Il faut, en effet, regarder et maîtriser très précisément la présence de tous les réseaux longitudinaux

Pour limiter la gêne occasionnée aux riverains, les fouilles sont terrassées par aspiration après décompactage du terrain par des outils pneumatiques. (Doc. Piasio.)

MAÎTRISE D'OUVRAGE SIG (Services industriels de Genève)
MAÎTRISE D'ŒUVRE SIG
ENTREPRISE Piasio (groupe Colas Suisse)

Les cahiers TECHNIQUES du Batiment
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

A **L'obus d'éclatement est précédé** par un outil de découpe, équipé de trois molettes de diamètre croissant, qui cisaillent à l'avancement la canalisation en place.

B **La machine de traction hydraulique,** installée dans une fouille, tracte le nouveau tuyau équipé en tête du système de découpe. (Docs. Piasio.)

existants», explique Jean-Michel Balmat, la proximité d'une vieille conduite de gaz en fonte grise excluant, par exemple, toute mise en œuvre du procédé. «Il faut également procéder à des sondages sur les réseaux transversaux, poursuit Jean-Michel Balmat. Un câble électrique venant chevaucher une conduite d'eau constitue, là encore, un cas d'incompatibilité.»

Seconde obligation: utiliser des tuyaux PE protégés par une enveloppe en polypropylène (type Egeplast ou Haka-Gerodur), «Les éléments de la conduite brisée étant susceptibles de venir blesser la nouvelle structure mise en place».

Autre point à surveiller: la profondeur de la canalisation en place. En raison de la puissance des machines existantes sur le marché – de 40 à 250 t – le remplacement d'une conduite trop affleurante pourrait, en effet, induire des risques de déformations et de fissurations de la chaussée.

Portées journalières de 150 m

La demande créant la technique, «Nous avons récemment adapté le procédé, afin de résoudre le problème des conduites en matériaux non-friables, type fonte ductile, impossibles par essence à éclater», explique Jean-Michel Balmat. D'où la naissance de cette méthode dite «par cisaillement».

L'obus d'éclatement est précédé par un outil de découpe, équipé de trois molettes de diamètre croissant, qui cisaille au préalable, à l'avancement, la canalisation en place, l'obus se contentant ensuite d'écarter les morceaux. «Nous venons de procéder à la substitution d'une ancienne conduite gaz de 100 mm de diamètre, au cœur de Genève, celle-ci étant remplacée par des tuyaux en polyéthylène renforcé PP de 110 mm de diamètre sur 60 m de longueur.» Il s'agit donc d'une opération à diamètre quasi équivalent, la société Piasio refusant, avec cette solution, toutes les augmentations de section. «Avec un diamètre plus important, le tuyau existant risque en effet, une fois découpé, de venir chevaucher le tuyau en PE et donc de trancher irrémédiablement l'enveloppe en polypropylène», détaille Jean-Michel Balmat. En termes de portées, ce n'est pas le record qui est visé, mais le confort des usagers qui dicte la longueur du tir réalisé. «Le client nous livre la conduite le matin, après avoir coupé les vannes à chaque extrémité, et nous restituons le chantier terminé, en fin de journée.» C'est pourquoi la longueur entre deux fouilles consécutives n'excède pas 150 m, afin de pouvoir réaliser le chantier dans la journée. «Il serait parfaitement possible d'aller au-delà, mais il faudrait alors, le lendemain, retirer sur un tube autour duquel le terrain se serait refermé durant la nuit ou lors d'un week-end.» Il s'ensuivrait un phénomène d'abrasion accrue nuisible à la pérennité du matériau. À noter que pour limiter la gêne occasionnée aux riverains, les fouilles sont terrassées par aspiration. Pour ce faire, le compagnon emploie de petits outils pneumatiques, dont le poids n'excède pas 5 kg, qui permettent de décompacter le terrain et donc de le déstructurer, les déblais étant ensuite facilement aspirés par une machine adaptée.

Pour l'avenir, Jean-Michel Balmat avoue travailler sur une nouvelle évolution de la technique. Cette solution permettra carrément de décoller et d'extraire la canalisation existante, qui sera ensuite découpée dans la fosse de sortie, au fur et à mesure de son extraction. «Il s'agit, là encore, de répondre à une demande émergente: celle de pouvoir augmenter le diamètre lors du remplacement de canalisation en matériaux non-friables», conclut Jean-Michel Balmat. □ **Ph.D.**

Les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

6 ADDUCTION

Forage dirigé sous une rivière

La technique du forage dirigé a permis de réhabiliter une conduite de distribution d'eau brute de gros diamètre, passant dans le lit d'une rivière à débit permanent.

MAÎTRISES D'OUVRAGE ET D'ŒUVRE Société du canal de Provence et d'aménagement de la Région provençale
ENTREPRISE Bourelli/2RTP
COÛT DES TRAVAUX 170 000 €
DURÉE DU CHANTIER Trois mois (préparation comprise)

Les travaux de rénovation concernent ici une conduite acier de 630 mm de diamètre qui franchit l'Arc à proximité de l'étang de Berre (13) et sert à alimenter une station de traitement à partir d'eau brute en provenance de la Durance. «Le tronçon d'une dizaine de mètres de longueur, situé dans le cours de la rivière, était devenu à moitié apparent, à la suite d'un phénomène d'érosion et d'approfondissement progressif du lit au fil des années, explique Olivier Pages, chargé de projet à la Société du canal de Provence. L'ouvrage risquant donc, à tout moment, d'être endommagé par des embâcles.»

D'où la décision de le rénover, afin d'assurer la pérennité du réseau et de la desserte, en remplaçant la section incriminée par une conduite de diamètre identique enfouie à 2,50 m sous le lit de la rivière. Pour limiter au maximum l'impact sur l'environnement, il était impossible d'intervenir à proximité immédiate des berges et directement dans le cours d'eau, une solution en traditionnel était donc totalement exclue. «L'Arc est, en effet, une rivière au débit permanent, qui aurait donc nécessité de coûteux et longs travaux de dévoiement, au regard du linéaire à réaliser, afin d'atteindre une telle profondeur d'enfouis-

A La machine dédiée a pu exercer une poussée de 30 tonnes et une traction de 45 tonnes.

B L'opération de forage dirigé débute par la réalisation d'un tir pilote effectué à partir d'une fouille préalablement terrassée.

C La tête de forage est composée de trois doigts de grande dureté (carbure tungstène), situés sur un plan incliné à 30° environ, et d'un logement intégré pour l'incorporation d'une sonde.

D La liaison machine/sonde est réalisée par des tiges métalliques de 4,50 m et 90 mm de diamètre, reliées entre elles par filetage.

E L'environnement chaotique du projet, dû à la présence d'une butte d'une dizaine de mètres de hauteur sans possibilité de terrassement, a nécessité l'emploi d'une grue automotrice. (Docs. SCP.)

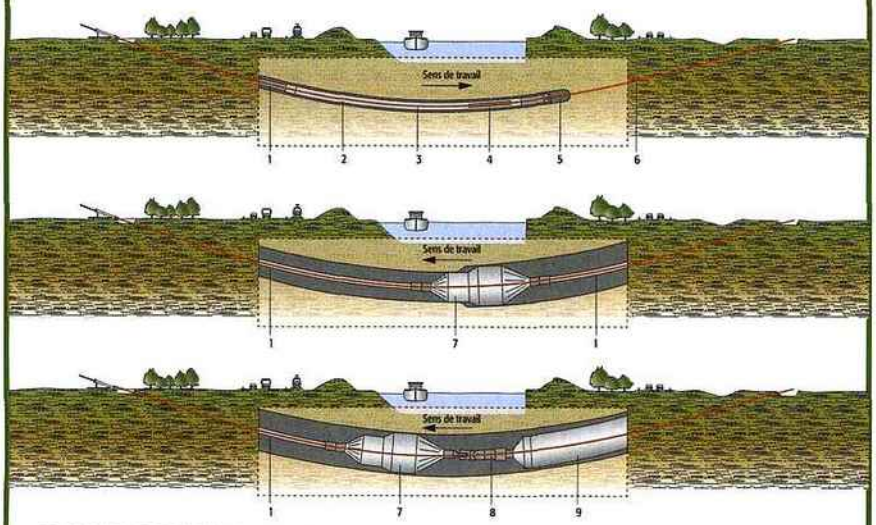
les cahiers du Batiment TECHNIQUES
17 RUE D'UZES
75108 PARIS CEDEX 2 - 01 40 13 30 30

JUIN 12
Annuel

Surface approx. (cm²) : 7282
N° de page : 24-37

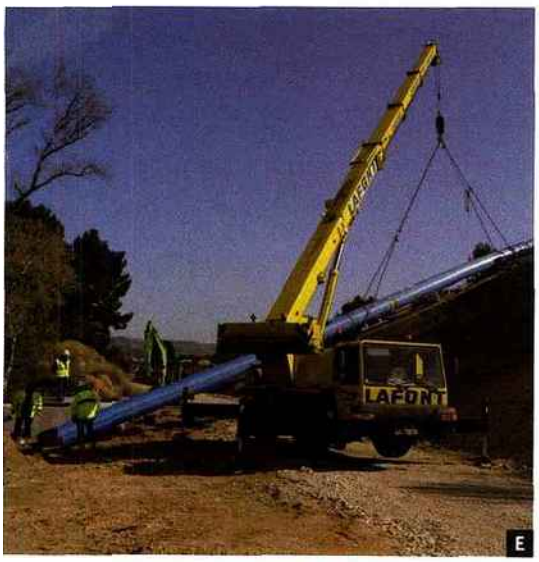
Forage dirigé, mode d'emploi

L'opération débute par la réalisation d'un tir pilote effectué à partir d'une fouille préalablement terrassée. Sous l'action combinée de la poussée de la machine et de la rotation de la tête de forage, équipée à son extrémité d'un outil d'usure adapté à la nature du terrain, le train de tiges pénètre dans le sol, des éléments étant ajoutés au fur et à mesure de la progression.
L'outil est, par ailleurs, équipé de buses par l'intermédiaire desquelles est injectée de la bentonite (mélange d'eau et d'argile), cette boue de forage servant à la lubrification et au refroidissement, mais aussi à consolider le tunnel et favoriser l'évacuation des déblais. Une sonde émettrice, située dans la tête, communique en temps réel au foreur l'ensemble des paramètres – profondeur, inclinaison, position horaire, température – lui permettant de guider le forage. Une fois parvenue dans le puits de sortie, la tête est démontée. La section du forage est ensuite agrandie, jusqu'au diamètre nécessaire, via le passage successif d'outils d'alésage.
La dernière phase consiste à tirer la canalisation en PEHD dans le trou alésé, l'ensemble des éléments constitutifs ayant été préalablement assemblés en surface par «thermosoudage». Cette solution, adaptée à la pose de canalisations atteignant 800 mm de diamètre sur des longueurs de 2 à 3 km, permet tous les types de franchissements: cours d'eau, voie ferrée, routes et autoroutes.



PRINCIPALES PHASES DE TRAVAUX

1. Tiges de forage
2. Section de tiges amagnétiques
3. Câble de guidage
4. Outil de guidage
5. Jet de forage
6. Axe de forage
7. Aléseur
8. Émerillon
9. Conduite



sement», commente Olivier Pages. Ce cocktail technique, environnemental et économique complexe explique le choix d'un forage dirigé (voir encadré), et ce en dépit d'un contexte topographique assez compliqué du fait de la nature du site, particulièrement encaissé.
«Cette solution nous obligeait, en effet, à disposer d'un recul important par rapport aux berges de la rivière, et ce, en raison du rayon de courbure limité qu'elle autorise, paramètre clé qui dicte l'implantation optimale de l'ouvrage.» Le tronçon à remplacer devant, par ailleurs, rester en exploitation durant toute la durée des travaux, l'ensemble de ces contraintes a débouché sur un franchissement biais de 100 m de longueur.
«La détermination du tracé optimal a nécessité, outre les relevés topographiques, d'importantes études préalables de reconnaissance géotechniques, afin d'avoir une connaissance précise du terrain», complète Philippe Speder, chargé de maîtrise d'œuvre à la SCP.

Une double première

«Nous disposons d'une bonne expérience en matière de forage dirigé, ajoute Olivier Pages. Mais un tel diamètre représentait néanmoins une première à notre niveau.»
Fort de ce recul technique, la SCP avait préconisé la mise en œuvre d'une solution protégée, les tuyaux PEHD (en l'occurrence Egeplast) devant bénéficier d'une enveloppe extérieure (polypropylène renforcé de quartz) de 10 mm évitant les risques de rayures et de poinçonnements (standard PAS107 type 3 exigé pour la pose sans tranchée).
Autre particularité, constituant également une première: le choix de la solution détectable proposée par le fabricant allemand. «Ce système permet de répondre aux nouvelles exigences normatives françaises en matière de travaux à proximité des réseaux. Il est constitué de deux bandes aluminium enroulées en spirales le long du tube, lors de sa fabrication», explique Philippe Ferrer, responsable Egeplast France, la continuité électrique étant rétablie lors de l'assemblage des tuyaux. Un générateur d'alimentation, implanté dans un regard de visite, est ensuite installé à l'une des extrémités de la conduite, l'autre bout étant relié à une prise de terre. Il suffit ensuite d'envoyer un courant électrique, le champ magnétique créé étant ensuite détecté depuis la surface à partir d'un détecteur portable. «Le signal est émis depuis la conduite, ce qui permet de vérifier sa pérennité immédiatement après la pose, mais aussi de tracer le réseau de manière fiable, même à plusieurs mètres de profondeur et ce avec un faible affaiblissement, le suivi sur plus d'un kilomètre pouvant s'effectuer à partir d'un seul point», ajoute Philippe Ferrer.
Des avantages qui font que ce type de tuyaux peut, bien entendu, être employé dans un chantier en tranchée classique.
Dans la pratique, le chantier s'est déroulé en quatre phases principales: un premier forage dirigé de 200 mm de diamètre, suivi de deux alésages (450 et 850 mm), le tuyau PEHD étant ensuite tiré depuis le puits de sortie. «Une des plus grandes difficultés du chantier a été de positionner les 100 m de canalisations en face du forage réalisé. La présence de buttes d'une dizaine de mètres de hauteur, conjuguée à l'interdiction de terrasser a, en effet, nécessité l'emploi d'une grue automotrice», conclut Olivier Pages. □ **Ph.D.**